台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望

鄭清煥

嘉義市　行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所

摘　要

害蟲綜合管理是一種以生態爲基礎，以經濟爲目的的一種管理策略，主張儘量利用耕作手段及生物與物理之環境阻力，降低害蟲的蟲源及其定棲後族群之增殖率，以抑制害蟲密度於可能造成經濟損失的基準之下，當害蟲密度超越所訂的容許界限時再適時使用適當的葯劑加以抑制。建構此一管理體系除需具備深厚害蟲生態基礎外，並需考慮資源的取得、社會的需求、農友的配合及政府推行的決心，才能落實。本文僅就台灣過去水稻主要害蟲之變遷，經濟危害基準及防治適期的釐定，各種可供抑制害蟲的防治技術，以及害蟲綜合管理實施架構的研究加以綜述，並展望未來發展及落實應用之建議，以供同道參考。害蟲綜合管理的內涵，可隨水稻害蟲的演變、資源的取得以及技術的提升而改變、充實，但最重要的是要整合作物育種、栽培管理、病、蟲、草害的植保人員以及推廣人員，從生態、經濟、及社會的需求面，釐定一套明確、簡單而易行的操作流程，才可能爲農民所接受，落實於田間應用。

（關鍵詞：水稻害蟲、綜合管理、經濟危害基準、防治策略）

前言

水稻爲國人主要糧食作物，雖然因社會環境之變遷，導致其栽培面積由 79 萬餘公頃下降至目前之 35 萬公頃左右，但仍爲目前栽培面積最大的作物。在水稻栽培過程中，病、蟲危害是爲穩定生產的重要因素，若無防治或防治不當，可能導致 50% 以上之損失 (32,54,72)。惟水稻病、害蟲之防治隨社會之變遷，科技的進展而改變；在 1940 年代合成殺蟲劑未問世以前，以利用農耕操作及天敵保育方法爲防治主軸，在 1950 年代合成殺蟲劑普遍使用後，由於其治蟲效果迅速，且資材取得方便，很快地即成爲台灣水稻害蟲的主要方法 (11,64)。然而很快地，由於農藥之過度使用在 1960 年代即因其毒害天敵及抗藥性的產生而引起黑尾葉蟬及褐飛蝨等害蟲的再猖獗發生危害 (3,6,7,8,9,10,12,13,17,26,64,99)，導致蟲害防治更形困難。此種現象非但發生於台灣，亦在亞洲其他水稻栽培區呈現 (84,89,92,96,104)。爲緩和此種過度使用殺蟲藥劑所引起害蟲的反撲，各國紛紛發展所謂的「害蟲綜合防治」或「害蟲綜合管理」策略，以抑制害蟲的猖獗危害。害蟲綜合管理是一種以生態爲基礎，以經濟爲目的的一種害蟲管理策略，其目標並非消滅害蟲，而在於抑制害蟲密度於其危害可能造成經濟損失的基準之下；具體的作法是盡量利用耕作防治、生物防治及物理防治等方法以增加害蟲繁衍阻力，當害蟲族群密度超越所訂定的容許界限時，再適時使用適當藥劑加以抑制 (33,97,105)。這一錯綜複雜的防蟲體系之最終目標，是希望避免農藥的濫用及其對生態環境的衝擊。然而欲建構此一防治體系，需具備深厚的害蟲生態基礎，如害蟲之發生偵察、族群動態、發生預測、危害時期及危害損失測定及釐定「經濟危害基準」與防治適期等，是爲建構此防治體系之基礎；至於如何結合各種防治方法於一體才能發揮最大的防治效益，以及考慮資源的取得、社會的需求、農友的配合意願以及政府的推行決心，均爲考驗此一害蟲防治策略是否能眞正落實。因此害蟲的綜合管理的實施很難藉由個人或研究室去推行，需集團隊的研究及結合農友、社會及政府的推動決心，才能達成。

水稻害蟲綜合管理在近十餘年來於亞洲水稻栽培地區積極進行中，尤其在獲得 FAO 資助之印尼、菲律賓、越南、韓國及中國等地。在這些國家都偏重於結合抗蟲品種、害蟲天敵及選擇性藥劑的防治策略 (87,101,103, 109)。在日本雖亦積極發展抗蟲品種之利用，但目前仍以偏重於結合藥劑的合理使用及天敵保護的防治策略 (97)。本文僅就台灣在過去三十年來水稻害蟲綜合管理研究之進展加以描述，並展望未來之發展方向，以供有關人員參考。

台灣主要水稻害蟲之演變

台灣水稻害蟲已記錄者有 140 餘種，主要害蟲自 1950 年代以來，隨著水稻耕作方式之演變及防治策略的改變而有變動 (11,64)。在 1940 年代末期，號稱的水稻五大害蟲之三化螟、黑椿象、鐵甲蟲、負泥蟲及白背飛蝨 (11,22)，於 1950 年代大量使用殺蟲葯劑後，黑椿象及鐵甲蟲幾乎自田間消失，三化螟蟲亦因在 1950 年代後期及 1960 年代初鼓勵開發地下水，使第一期稻提早於越冬世代螟蛾出現前之元月下旬即行整田挿秧，該害蟲自此難於田間發現 (30)，而負泥蟲亦因葯劑防治於 1970 年代即逐漸式微 (96)。在廣效性合成殺蟲劑的密集使用下，導致二化螟、黑尾葉蟬、稻心蠅及褐飛蝨在 1960 年代相繼嚴重發生 (1,2,14,31,32,44, 56)，且由黑尾葉蟬媒介傳播之黃萎病 (yellow dwarf) 及黃葉病 (Transitory yellowing)，亦於此時在台灣地區嚴重發生 (23,36,72)。在 1960 年代後期，台灣逐漸以耕耘機取代水牛耕田，堆積稻稿飼牛現象逐漸減少，二化螟蟲之發生族群密度亦隨主要越冬場所之被消除而逐漸下降，終成潛在害蟲，一直至 1980 年代政府推行稻田轉作計畫，稻稿復被利用於園藝作物栽培而再崛起。在 1970 至 1985 年間，褐飛蝨一直爲台灣及東亞地區之水稻主要害蟲，每年發生面積均達一萬公頃以上，被害產生「蝨燒」之稻田處處可見。瘤野螟及斑飛蝨亦分別於 1970 年後期及 1980 年代逐漸嚴重發生，前者在 1970 年以前二期稻發生面積均在 1 萬 5 千公頃以下，在 1972 年後發生面積增至 2 萬至 3 萬 5 千公頃間 (42,64)；在同期間，瘤野螟亦在東南亞地區，中國及日本等地由次要害蟲變爲主要害蟲之一 (73,88,108,110)，一般認爲與東南亞地區改植半矮性豐產品種、密植以及使用高氮肥等新栽培技術有關；其後研究發現此一害蟲與褐飛蝨、白背飛蝨同屬長距離遷移性害蟲，可自東南亞遷入華南再擴散至日本、韓國等地；台灣位於其遷移途徑邊緣，在氣候條件適合時亦可被波及 (63,108,110)。至於斑飛蝨則因在 1984 年稻田轉作及推行不整地栽植裡作，提供良好越冬場所而使其族群大增，形成一期稻主要害蟲之一 (38,82)。1990 年水稻水象鼻蟲首在桃園新屋發現，迅速擴展至台北、新竹及苗栗地區，1996 年越過苗栗山區向南蔓延至大安溪北岸，至 2001 年擴張至大肚溪南岸及東部花蓮富里及台東之池上地區。在 1990 年代後期因稻米收入微薄，農友防治意願低落，加上水稻有機栽培面積逐漸擴大，害蟲發生相又逐漸隨耕作管理方式之改變而轉變中。

由上述主要害蟲之更替背景，可知除受本地之耕種環境改變影響外，亦受長距離遷移性害蟲由海外遷入豐度和新侵入害蟲之影響。目前在台灣地區，在一期稻害蟲以二化螟、斑飛蝨及局部地區之水稻水象鼻蟲爲主，而二期稻則以瘤野螟爲主，

稻飛蝨（褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨）、葉蟬類（黑尾葉蟬、電光葉蟬）、螟蟲（大螟及二化螟）、水稻水象鼻蟲及稻細蟎等在局部地區呈間歇性發生危害。值得注意的是，近年來由於越南紅河三角洲地區與中國大陸因大面積栽植雜交稻，導致白背飛蝨之發生密度逐年增加 (21,101,109)，並影響到日本及台灣 (16,40,70)。此外由於大螟及稻細蟎在二期稻局部地區之危害，目前尚缺乏藥劑可供防治，一但成災將束手無策。總之，水稻害蟲相是一直在改變中，欲從事完善的蟲害管理，首先必須注意田間害蟲之改變及其動態。

害蟲綜合管理之構成要素

1-1害蟲之危害與經濟危害基準

經濟危害基準 (Economic injury level) 是指害虫造成作物之損失值與防治成本相等之害蟲的臨界密度 (105)；此一基準是害蟲經濟防治之基石，亦爲害蟲綜合管理不可或缺的要素，可供害蟲是否需要防治，防治適期之決定及防治效果之評估依據 (62,68)。目前台灣水稻害蟲之經濟危害基準是以防治害蟲一次所需成本約佔稻穀產量的 3% 爲計算依據。按此一基準，經盆栽及田間接蟲危害試驗，測定褐飛蝨不同族群密度在各水稻生育期爲害可能造成之損失，釐定褐飛蝨之經濟危害基準在水稻乳熟期前爲 5-10 隻 / 叢，其後爲 20 隻 / 叢 (53,55,75)。由褐飛蝨在田間之族群增長模式，可發現在一期稻其族群遠低於此一密度，無需防治；在二期稻，若於第三世代若蟲期可造成危害，其第二世代若蟲期均可達到經濟危害基準之密度，於此時施藥 1-2 次，非但可有效抑制褐飛蝨之危害，亦同時可抑制其他飛蝨及葉蟬類在水稻抽穗後之危害。此一措施使原本農民於抽穗後施藥 3-6 次才能防治褐飛蝨的危害，減少藥劑處理次數達 50% 以上 (62,76,77)。黑尾葉蟬之經濟危害基礎係按嘉義農業試驗分所於田間不同族群密度藥劑處理，發現每網達 10 及 20 隻時施藥，其稻穀損失率分別達 3.27-4.80% 及 5.14-10.0% 計算，暫時釐訂定黑尾葉蟬之經濟危害基準爲每掃網 10 隻 (56)。

二化螟蟲的經濟危害基準則按盆栽及田間試驗，發現 5 、 10 及 20% 之枯心率可分別導致 2.3 、 4.7 及 19.6% 之稻穀損失，暫釐定經濟危害基準爲 12-15% 之側黃莖或 5-10% 之枯心率及 2-3% 之白穗率 (46,54)。

瘤野螟之經濟危害基準係按顏氏使用藥劑方法測定，發現被害葉率達 2 、 5 及 10% 分別可導致 1.5-1.7 、 2.8-3.7 及 4.9-6.6% 之稻穀損失，並認爲在捲葉率達 2-5% 可獲得最佳之防治效益 (71)，筆者按瘤野螟之發生盛期每叢稻平均葉片計算 2 及 5 %之被害葉片數約爲 1.76-4.4 片，而每隻幼蟲可危害葉片數爲 3 至 5 片計算，

暫定經濟危害基準爲每叢稻平均有幼蟲一隻，或被害葉片達 3 片以上 (59) 。

稻心蠅主要危害二期作晚植稻插秧後 40 天內之水稻幼株期，按藥劑方法測定結果，被害莖率在 10% 以內，稻穀損失率只達 1% ， 11-20% 損失率爲 5.99% ，31% 時損失率爲 15.23% ，建議被害莖率 11% 爲防治稻心蠅之經濟危害基準 (35) 。按二期水稻於插秧後第 3 至 4 週始行分櫱，一般於分櫱前每叢之株數約爲 7-10 株，而防治期應於其可能造成損失前爲之，因此建議於插秧後 20 天若發現平均每叢稻有 1 株以上之被害莖或被害莖率達 20% 時即應行防治 (54) 。

負泥蟲僅分佈於東部及北部山區稻田，於一期稻 3 至 4 月間危害水稻葉片，按藥劑試驗結果發現以每叢稻平均有幼蟲 1-2 隻時處理最爲經濟 (44,45) ，暫訂爲該蟲之防治基準。

水稻水象鼻蟲按接蟲危害試驗顯示，平均每叢稻接蟲 0.33 隻以上即可對稻株之發育造成明顯的影響，並導致 7.8% 的稻穀損失，其經濟危害基準暫定爲平均每叢稻有越冬成蟲 0.25 隻 (29) 。在日本，本蟲之經濟危害基準訂爲 0.56 隻 / 叢，稻齡較大者對該蟲爲害之容忍性較高 (98) 。

除上述害蟲外，斑飛蝨及電光葉蟬暫比照黑尾葉蟬之經濟危害基準，而白背飛蝨則比照褐飛蝨之經濟危害基準防治，此等害蟲較精確之經濟危害基準有待進一步研究釐定。

1-2害蟲族群之偵測與發生預測

台灣於 1960 年代農民使用合成殺蟲藥劑防治水稻害蟲已相當普遍，政府爲期使農藥於適時使用，有效地防治害蟲，於 1966 年在各區農業改良場設置專職之預測人員，每人負責 3-4 鄉鎮，每日巡迴調查病、害蟲之發生狀況，所獲得資料經各區農業改良場研判後發佈防治訊息，指導農民適時防治，使農藥過度使用現象獲得顯著改善 (27) ，此一制度一直持續至 1985 年因社會變遷，稻田轉作及省府精減而漸鬆散。除指導農民適時防治、增加農民收益外，此一制度的另一貢獻是爲台灣各地區水稻病、害蟲發生狀況留下寶貴的記錄。惜此等資料因受種種因素所限，無法供進一步分析，建立中、長期之病、害蟲發生預測模式。

害蟲在田間的發生經過、族群消長以及危害調查，是爲了解害蟲發生動態及主要危害時期不可或缺的資訊，亦爲提供防治適期之重要依據。累積多年的調查資料更可進一步作爲發展發生時期及害蟲豐度的模式，是爲害蟲管理非常重要的一環。在 1980 年代以前，水稻害蟲除三化螟、二化螟、褐飛蝨及黑尾葉蟬曾累積多年誘

蟲數據外 (15,19,32)，其他害蟲則大部份只有一至二年的田間消長調查數據，很難探討影響環境因子對發生族群之影響及發展預測模式。至 1984 年，林氏利用台中區農業改良場累積 8 年資料，首先利用 ARIMA 模式發展預測 1 週後，黑尾葉蟬、褐飛蝨、六黑狼蛛及裂頭小皿蛛等四種動物族群密度之預測模式 (19,20)，惜並未進一步驗證其實用性。其後嘉義農業試驗分所利用其位於嘉義縣溪口鄉之優良環境的農場，設置誘捕蟲器材及害蟲偵察田，累積多年的調查數據，陸續地建立了褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、二化螟及瘤野螟等重要害蟲的族群在田間發生動態及發生預測模式 (60,65,66,69,70)。從害蟲在田間之族群動態及其主要危害期，再與經濟危害基準結合，很容易地即可找到最適的防治期。以嘉義地區褐飛蝨的發生動態爲例，其族群密度均在第二期稻之第二世代若蟲期（孕穗期）始達到經濟危害基準上、下限，而於第三世代（齊穗至糊熟期）若蟲期造成嚴重危害 (60)，因此於主要危害世代前一世代進行有效防治，即可避免主要危害期遭受經濟危害損失 (77)。

表一、嘉義地區第一、二期稻水稻主要害蟲之主要危害時期[1)]

Table 1. The main infestation period of major insect pests of rice in the first and second cropping seasons in Chiayi district[1)]

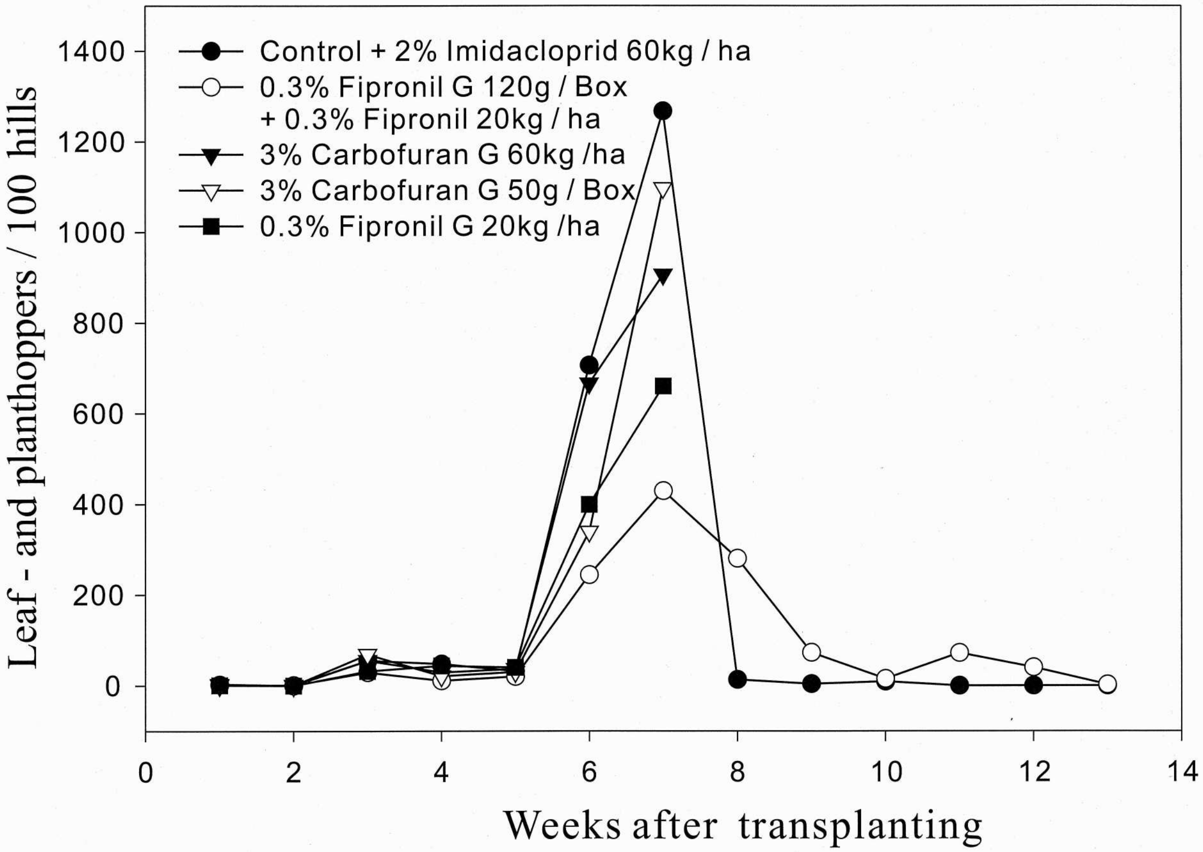
	1st cropping season						2nd cropping season					
Insect pest species	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Rice water weevil [2)]			—	—	—			—	—	—		
Rice stem borer			—	—	—	—					—	
Pink stem borer											—	—
Smaller brown planthopper					—	—					—	
Green leafhoppers					—	—					—	
Zigzag leafhopper					—	—					—	
Brown phanthopper											—	
White backed planthopper								···	···	—	—	
Riceleaffoder							···	···		—	—	

1).The rice in the first and second cropping seasons are transplanted from the last ten days in January to the first ten days in February and form the last ten days in July to the first ten days in August, respectively.

2).The main infestation period of rice water weevil is based on the data collected in Taichung and Taoyung districts where the rice in the first and second cropping seasons are transplanted during the first ten days in March and during the first ten days in August, respectively.

然而在從事水稻害蟲綜合管理立場上，在面對多種害蟲情況下，除考慮主要害蟲外，並應同時考慮其他害蟲，如表一所列，在一期稻於水稻生育初期可遭受水稻水象鼻蟲及二化螟第一世代幼蟲的危害，其他飛蝨、葉蟬類及二化螟蟲第二世代幼

蟲之主要危害期（族群密度超過經濟危害基準）均在孕穗期以後；而在第二期稻，在水稻生育初期可能遭受水稻水象鼻蟲及早植稻之白背飛蝨與瘤野螟，與晚植稻之稻心蠅危害，而飛蝨、葉蟬類、二化螟、大螟及瘤野螟之主要危害期均在孕穗期及其以後期間。在此情況下，就經濟用藥立場，對早期害蟲，利用對天敵毒性較輕之粒劑育苗箱處理方式防治，可獲得良好防治效果；而對後期害蟲，則於孕穗中、後期選擇對飛蝨、葉蟬類及螟蟲類具防治作用的藥劑處理，也可望獲得有效抑制（圖一）。至於此兩次藥劑處理是否可再精減，則需視各地其他各種非農藥害蟲防治技術之配合情況及中、長程害蟲發生預測之可行性而定。



圖一、育苗箱藥劑處理及水面藥劑撒佈對第二期稻飛蝨及葉蟬類害蟲之防治效果。民雄鄉、嘉義，2002。（黃等未發表資料）

Fig 1. Nursery box insecticidal treatment and broadcast application of granular insecticide for control of rice leaf-and planthoppers in the second cropping season. Min-Shung, Chiayi, 2002. (Hung et al. unpublished data).

1-3耕作防治

稻田管理方式與害蟲族群密度及危害關係在國內外已有許多資料可稽，如前述三化螟、二化螟、黑尾葉蟬及斑飛蝨等均因耕作方式之改變，而明顯地導致該等害蟲的發生程度 (30,32,38,58,82) 。

水稻生育期中，施肥、灌水管理等與害蟲之發生密度之關係，已有許多文獻可查，並經由 Litsinger 作詳細的綜述 (102) 。一般而言，多肥、密植及持續保持灌溉水有利於多數水稻害蟲的發生；間歇排水乾燥，可明顯地抑制或降低害蟲的危害；多施氮肥非但可增加水稻的發育並提供害蟲良好的營養及棲息環境，而增進其族群之增長及危害；磷肥可促進根部之發育，多施有利於螟蟲之發生，而鉀肥可降低稻株含醣量及氨基酸，增加細胞壁的厚度及矽的吸收，對許多害蟲（螟蟲、飛蝨、葉蟬、瘤野螟及薊馬）之族群均具抑制作用；矽肥可增加對稻莖的硬度而增加對螟蟲的抵抗性。密植可提供較高之濕度及茂密的隱密場所，有利於飛蝨、葉蟬類、瘤野螟、黑椿象等害蟲的發生，但對螟蟲類則有不同的試驗結果。

表二、直播稻田水管理對害蟲族群之影響，民雄，1995

Table 2. Effect of water management on the insect pest populations in direct-seeding rice, 2nd cropping season, Min-Shung, Chiayi, 1995

Water management	Variety[1)]	The highest population density						
		BPH / 10 hills	WBPH / 20 swps[2)]	SBPH / 20 swps	GLH / 20 swps	ZLH / 20 swps	Injuried leaf by L F (%)	Infested stem by S B (%)
		1st cropping season						
Alternate flooding and draining	TN 69(R)	-	-	27	12	-	0.3	1.2
	TK 8 (S)	-	-	43	16	-	0.3	1.4
Continuous submargence	TK 8 (S)	-	-	142	41	-	1.3	3.2
		2nd cropping season						
Alternate flooding and draining	TN 69(R)	19.6	2	13	21	1	6.3	0
	TK 8(S)	34.2	1	19	23	1	6.9	0.14
Continuous submargence	TK 8(S)	143.0	16	94	160	17	12.0	0.13

1)R and S are used to indicate the rice varieties which are resistant and susceptible to the brown planthopper, respectively.

2)Swps: sweepings

表三、氮肥施用量對二化螟危害之影響，一期稻，溪口，2003
Table 3. Effect of nitrogen on stem borer incidence in rice, 1st cropping season, Chi-Kou, Chiayi, 2003

Nitrogen[1)] kg/ha	Dead-heart / 300hills		White-head / 300hills		Ear / hills		Yield (kg/ha)	
	TS-10	TN-67	TS-10	TN-67	TS-10	TN-67	TS-10	TN-67
180	13.2	16.1	13.0	11.0	29.5	31.5	7845	6545
90	12.4	13.4	19.5	5.5	26.0	25.5	6970	6115
45	9.9	11.1	11.5	3.0	14.5	17.5	6130	4800
0	10.4	8.5	7.5	5.0	10.5	14.0	5735	3630

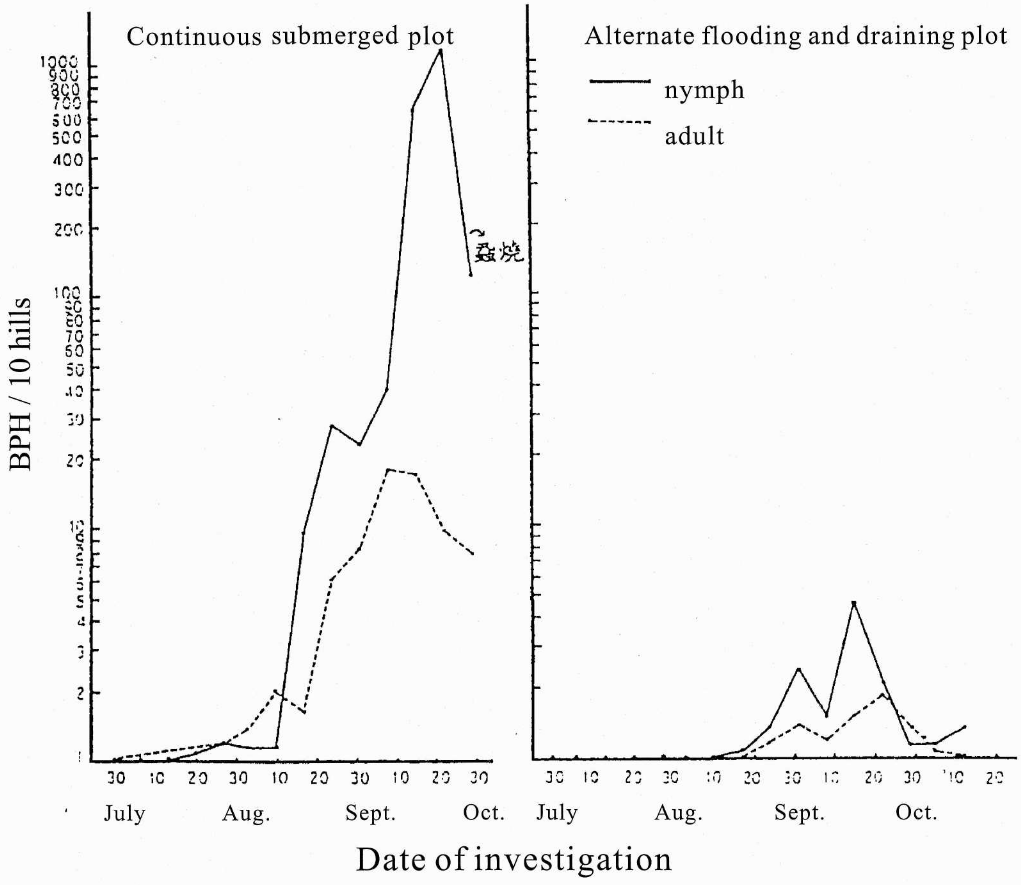
1).The fertilizer are applied during land preparation, and topdressing at initial tillering and panicle initation stages with one-third of total for each application.

依據筆者在直播稻試驗發現，在幼苗期即讓土壤自然乾燥至稍呈龜裂後再行間歇淺灌（ 1cm 左右），則葉蟬及飛蝨類遷入量顯著降低，並導致該類害蟲及二化螟與瘤野螟族群密度及危害明顯地低於長期灌水之栽培田（表二），其中尤以對褐飛蝨之影響最爲明顯（圖二）。另對水稻水象鼻蟲，在水稻分蘗盛期晒田 10 天可較灌水區降低其幼蟲之存活率達 70% 左右，並增加產量達 9.3 至 15%[(28)]。此外由初步試驗結果，亦可見二化螟之危害隨氮肥用量之增加而增高之趨勢（表三）。由此可見，灌水及施肥管理對害蟲（以及病害）之發生程度有很大的影響。如何調整灌排水與施肥管理，以降低害蟲及病害的平衡點，求取農民的最大收益，而追求非最高產量，則有待進一步探討。將來若能此一管理制度融入綜合防治體系，相信可明顯地緩和水稻病、害蟲的危害及降低使用農藥及肥料對生態環境的衝擊。

1-4抗蟲品種的利用

栽植抗蟲稻種可直接有效地抑制害蟲的族群增長及危害，並可與其他任何防治方法結合而不相悖，被視爲防治害蟲最經濟有效的一種方法。栽植抗蟲品種可減少或完全無需使用農藥而有利於天敵的立足與繁衍[(90)]。爲此，台灣於 1969 年即著手於水稻抗褐飛蝨等害蟲之研究， 30 餘年來已命名推廣之抗蟲稻種如表四所示，

第一個抗褐飛蝨品種嘉農秈 11 號於 1973 年與國際稻米研究所第一個抗褐飛蝨品種 IR26 同年命名 (74,95)，第一個抗褐飛蝨之稉稻台農 68 號於 1982 年命名 (34)，其後 1984 及 1985 年農試所及嘉義農業試驗分所再相繼命名台農 69 號及 70 號兩個稉稻抗蟲品種 (39,43)。截至 2003 年，台灣育成抗褐飛蝨稻種有秈稻 11 種，稉稻 6 種，糯稻 4 種（表四）。栽植抗蟲品種如台農 69 號、台稉 16 號、嘉農秈 12 、 14 及 20 等高度抗蟲品種，褐飛蝨之危害可完全獲得抑制（圖三），其他屬於中等抗性品種如台農 70 及 72 號，台中秈 10 號等，每期作可減少 1-2 次施藥次數，隨褐飛蝨發生程度而異 (51,77)，顯示水稻抗蟲品種之育成對台灣水稻害蟲綜合防治深具意義。



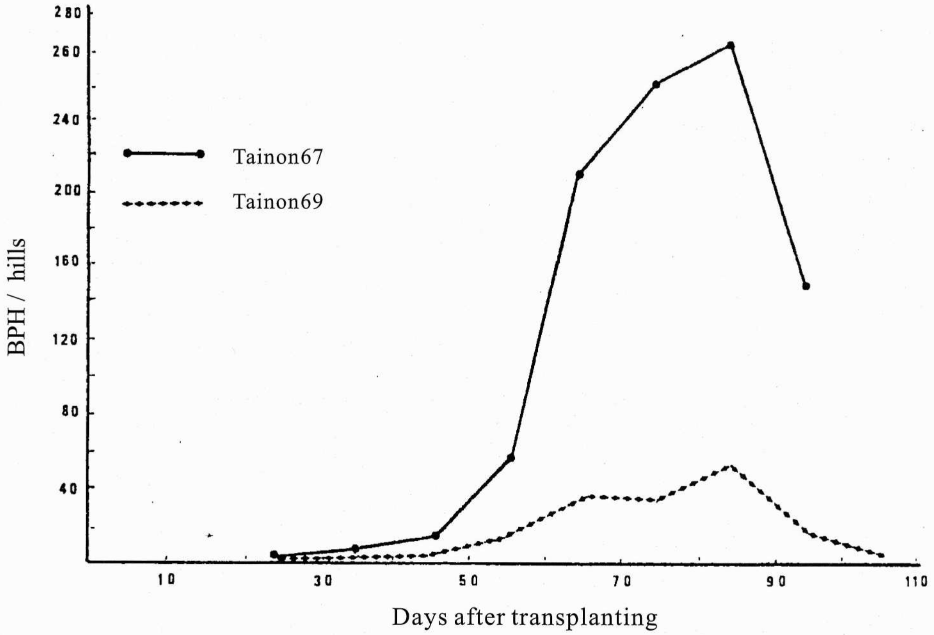
圖二、直播田淺灌晒田區及長期灌水區褐飛蝨族群之發生密度差異比較，二期 1993

Fig 2. Comparison between the populations of brown planthopper in the continuous submerged and alternate flooding and draining fields. Min-Shung, 2nd cropping season, 1993

表四、台灣育成水稻對褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨抵抗性品種

Table 4. Rice varieties which are resistance to brown planthopper, white-backed planthopper and smaller brown planthopper in Taiwan

Varieties	BPH	WBPH	SBPH	Varieties	BPH	WBPH	SBPH
TN 68	MR	S	S	TCS 3	S	MR	R
TN 69	R	R	MR	TCS 5	S	MR	R
TN 70	MR	MR	S	KSS 7	R	S	S
TN 72	R	S	R	TNS 12	R	-	R
TK 1	MR	-	-	TCS 10	MR	S	R
TK 2	MR	MR	S	TNS 15	S	S	MR
TK 5	MR	S	S	TCS 16	MR	R	R
TK 13	MR	S	S	TNS 14	R	MR	R
TK 16	R	R	R	TNS 18	R	MR	MR
TT 30	R	MR	S	TNS 19	R	MR	R
TNG 10	R	S	S	TCS 17	R	S	MR
KS 144	S	MR	S	TNS 20	R	S	R
TCS 2	S	S	MR	TS 1	MR	S	R
CNS 6	S	R	R	TS 2	MR	S	MR
CNS 8	S	MR	R	TNSG 2	R	S	MR
CNS 11	R	R	R	TCSG 1	R	MR	R



圖三、褐飛蝨在中等抗蟲及感蟲水稻品種之族群成長比較

Fig. 3. Comparison between the population of brown planthopper on resistant (Tainon 69) and susceptible (Tainon 67) varieties

除褐飛蝨外，水稻對黑尾葉蟬、二化螟、三化螟、瘤野螟、白背飛蝨及斑飛蝨等害蟲之抗性亦有篩檢工作 (18,24,37,48,61)。至 1990 年代水稻育種工作對褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨及二化螟之抗性檢定併入其體系中，所有新育成之品系均需經過對上述四種害蟲之危害反應檢定，以供命名及推廣後害蟲管理之參考。

近年來，分子生物技術之進展一日千里，成功地發展組織培養及基因操縱技術，使以往受限之種間雜交及抗蟲基因之轉殖利用獲得突破性進展。在水稻抗蟲方面，利用胚拯救技術 (embryo rescue technique) 轉移野生稻之抗蟲基因至栽培稻已獲很大的突破 (5,90,100) 而轉殖外來基因如蘇力菌之毒蛋白基因於栽培稻亦獲很大進展 (85,86,94)。在台灣，台農 69 號之抗蟲基因係源自 *Oryza rufipogon* 外 (39)，最近農業試驗所亦成功地將 *O. officinalis* 及 *O. austrailiensis* 之抗褐飛蝨基因轉至台農 67 號（李未發表資料）；而嘉義農業試驗分所則將甘藷胰蛋白酵素抑制素基因 (SPTI) 及慈菇蛋白酵素抑制素基因 (API) 成功地轉殖至台農 67 號，顯示可降低瘤野螟幼蟲之取食葉面積達三分之二以上（鄭等，未發表資料）。類似之研究發展，相信對於水稻鱗翅目害蟲之抗蟲品種之培育有很大的幫助。

然而抗蟲品種之利用亦有其缺失，由同一抗蟲基因所支配之抗蟲品種大面積種植時，尤其是抗蟲性由單主效因子所控制者，經 2-3 年後，即可能因產生有害生理小種而崩潰 (41,50,78)。此種因有害生物小種的產生而導致辛苦培育之抗褐飛蝨稻種崩潰現象，在東南亞地區已有許多報告，並已有詳細之綜述 (41)。更糟的是由於褐飛蝨、白背飛蝨及瘤野螟等同屬長距離遷移性害蟲，在冬季繁殖區一旦生物小種產生變化，勢將擴及其遷移擴散區，而影響到廣大區域栽植同一抗蟲基因稻種的利用 (5)。因此在利用抗蟲品種時需同時培育由不同抗蟲基因所支配之稻種，以因應新有害生物小種之產生。此外，由於各地區主要害蟲常隨耕作制度之改變而有變動，如在台灣褐飛蝨自 1985 年後之危害嚴重性已逐漸緩和，但瘤野螟及白背飛蝨之族群與危害卻逐年增加，似此如何廣集抗蟲基因，以備不時之需，有待有關人員繼續努力。

1-5 天敵保育

稻田內捕食性及寄生性天敵頗爲豐富，對害蟲之發生具有調節及抑制作用，是爲衆所熟知的事項 (25,106)。惟在田間，由於天敵之族群常落後於稻蟲之族群增長，俟天敵能有效地抑制害蟲族群時，水稻已然受害。因此天敵對害蟲之抑制效果常被

忽視，除非隔離天敵後比較有天敵及無天敵區害蟲族群之增長，才能發現其對害蟲發生之調節及抑制作用。最好的事例是在 1960 年代後使用廣效性合成殺蟲劑毒殺天敵後，引起害蟲產生再猖獗 (resurgence) 現象，而導致黑尾葉蟬及褐飛蝨之猖獗危害 (89,92,96)。此一現象亦屢在台灣發現 (26,52)。可見天敵在蟲害防治中扮演相當重要角色，只是常被忽略。

表五、捕食性天敵對飛蝨、葉蟬類族群之影響－盆栽接蟲試驗 1)，一期稻，2003

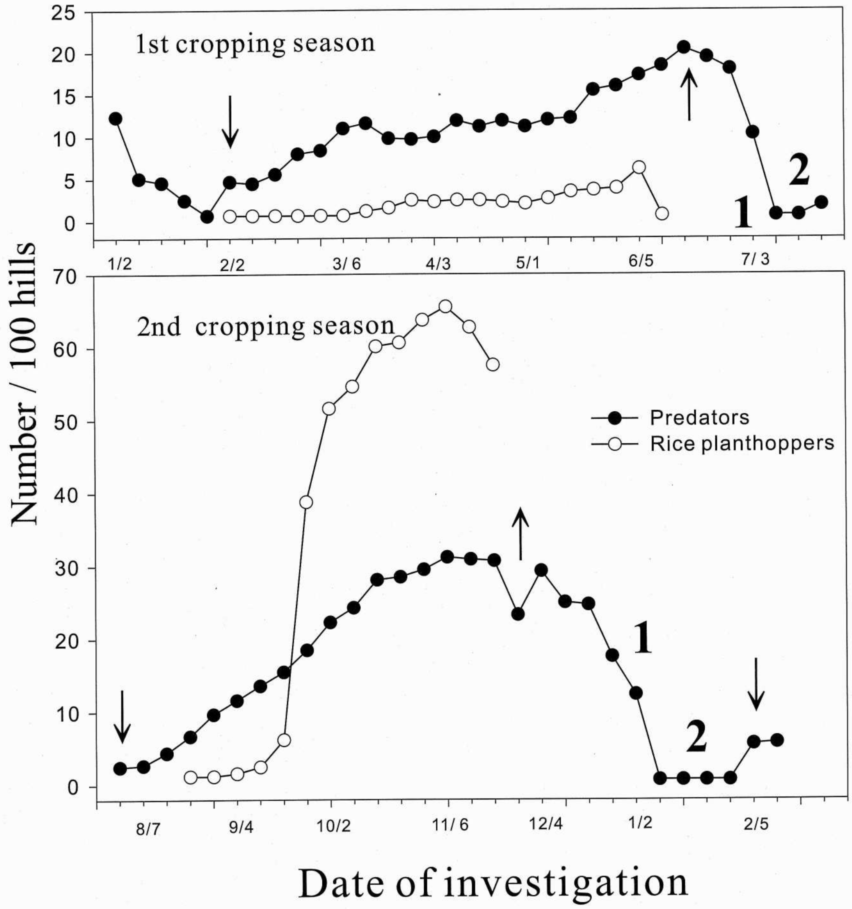
Table 5. Effect of *Lycosa pseudoannulata* and *Paederus fuscipes* on the population of rice leaf- and planthoppers – potted trial, 1st cropping season, 2003[1)]

Predator Species	Leaf-and plandhoppers/hill						
	BPH	WBPH	SBPH	GLH	ZLH	Total	Prey/day
Lycosa pseudoannulata	232.8 ± 518 (33.5)[2)]	56.8 ± 25.3 (50.7)	190.1 ± 59.6 (37.9)	59.0 ± 28.1 (43.3)	15.3 ± 11.2 (84.8)	554.0 (43.3)	9.4
Paederus fuscipes	119.9 ± 25.7 (65.7)	59.4 ± 31.5 (48.4)	97.6 ± 43.2 (68.1)	42.9 ± 10.3 (58.8)	34.2 ± 26.2 (66.1)	353.9 (63.7)	13.8
Control	350.0 ± 109.9	115.2 ± 34.4	306.2 ± 142.0	104.0 ± 33.3	100.8 ± 57.8	976.2	

1).One mated female predator is caged together with two pairs of leaf- and planthoppers eack species on a 50 day-old potted plant for 45 days in a wire-house. Nine potted plants for each treatment.
2).The figures inside parenthesis indicate reductive percentage of prey population.

在網室內，以 50 日齡盆栽稻，每盆（ 30 × 45cm ）稻同時罩入 1 隻六點狼蛛或青翅紋形隱翅蟲雌蟲及田間常見 5 種飛蝨、葉蟬類害蟲各兩對，經 45 天後，計數處理區及對照區之飛蝨及葉蟬蟲數，結果如表五，從表面上，隱翅蟲對害蟲總數之抑制效果大於六點狼蛛，總抑制率達 63.7% ，其中對於褐飛蝨、斑飛蝨及電光葉蟬之抑制率均達 65% 以上；對六點狼蛛而言，總抑制率亦達 43.3% ，其中對電光葉蟬之抑制率更高達 84.8% ，對其他種之抑制率亦達 30-50% 之間。由此可見天敵對害蟲之抑制效力。當然在田間，由於捕食性天敵多屬雜食性，在充滿其他害蟲及中性昆蟲的情況下，其對上述害蟲之抑制效力不可能達到上述效果。

在無藥劑處理稻田情況下，在 2002-2003 年調查顯示捕食性天敵數隨水稻發育而增長，於 5 月下旬水稻糊熟期族群密度達到最高，平均每叢稻達 2.5-5 隻（其中狼蛛約佔 12.3% ，隱翅蟲佔 14.1% ），隨年度而異，其密度較每叢稻飛蝨密度之總合爲高，蟲 / 蛛比由 0.29-0.21 ；在二期稻，捕食性天敵最高密度發現於 11 月上旬水稻糊熟期中，每叢稻密度平均達 9.37 隻（狼蛛佔 18.5% ，隱翅蟲佔 21.0% ），但飛蝨類之族群密度已高達每叢稻 40 餘隻，蟲 / 蛛比達 4.4(圖四），顯示在二期稻各種害蟲快速增長的過程中，天敵並無法有效地將害蟲抑制於經濟危害基準下。



圖四、第一、二期稻捕食性天敵（蜘蛛、隱翅蟲）與稻飛蝨類族 群消長，溪口，2002（圖中↓及↑表示水稻移植及收穫） 1. 表示乾田翻土； 2. 表示灌水、整田）

Fig. 4. Fluctuation of predators (*Lycosa pseudoannulata* and *Paederus fuscipes*) and rice planthoppers in the first and second cropping seasons, Chi-Kou, Chiayi, 2002 (The symbols ↓ and ↑ indicate transplanting and harvest of rice, respectively, while the arabic number of 1 and 2 indicate land preparation in dry and flooding conditions)

檢討天敵未能有效地抑制害蟲之主要因素在於水稻生育初期，當遷入害蟲密度尚低時，因捕食性天敵密度太低而無法有效降低遷入之蟲源所致。事實上，無論在一、二期稻整地前，於再生稻活動之捕食性天敵密度頗高（以狼蛛及隱翅蟲為主，每百叢稻於 12 月 25 日翻土前調查仍高達 309 隻，而 6 月 26 日翻土前為 312 隻），但經翻土、灌水、整地等操作，於插秧後第二週調查每百叢稻只有 33 及 16 隻，降低達 90-95%(鄭未發表資料）。此為在稻田四週有土堤田埂可供部分天敵棲息的環境下所調查的結果。但在目前台灣許多稻田之田埂及溝渠水泥化，讓天敵在稻田灌水整田時，無處棲息，可能導致天敵更為貧乏。似此水泥化田埂若能在其內側鋪層泥土，再與裸露田埂同樣地被覆一層抑草蓆，提供天敵棲息，則可顯著提高天敵之棲息數（表六）。有鑑於此，對於天敵之利用，除減少施葯次數，使用選擇性殺蟲劑外，構築棲地保育天敵，使其豐度足以在害蟲遷入稻田後之初期，即能有效地降低蟲源，可能為今後應加努力的方向。

表六、田埂被覆抑草蓆對水稻害蟲天敵保育之效果，二期稻， 2002
Table 6. Effect of covering weeds-inhibitory sheet on the naked paddy levees on conservation of predators of rice insect pests. 2nd cropping season, 2002.

Obs. Date (month/day)	No. predators[1)]		Remark
	Conserved levees	Naked levees	
6/14	16	6	Two days after harvest of rice
6/21	23	9	
6/28	36	18	
7/05	48	22	
7/12	18	12	Tyhoon, heavy rain and flooding over levees
7/19	83	26	Shower
7/26	106	33	Land preparation since July 23.
8/02	117	34	Rice transplanting on July 31
8/16	136	39	
8/23	147	38	
8/30	121	31	

1)Number of predators are counted from 9 sampling areas with 30 cm levee for a sampling. The predators recorded are mainly *Lycosa pseudoannulata* and *Paederus fuscipes*.

害蟲綜合管理之實施

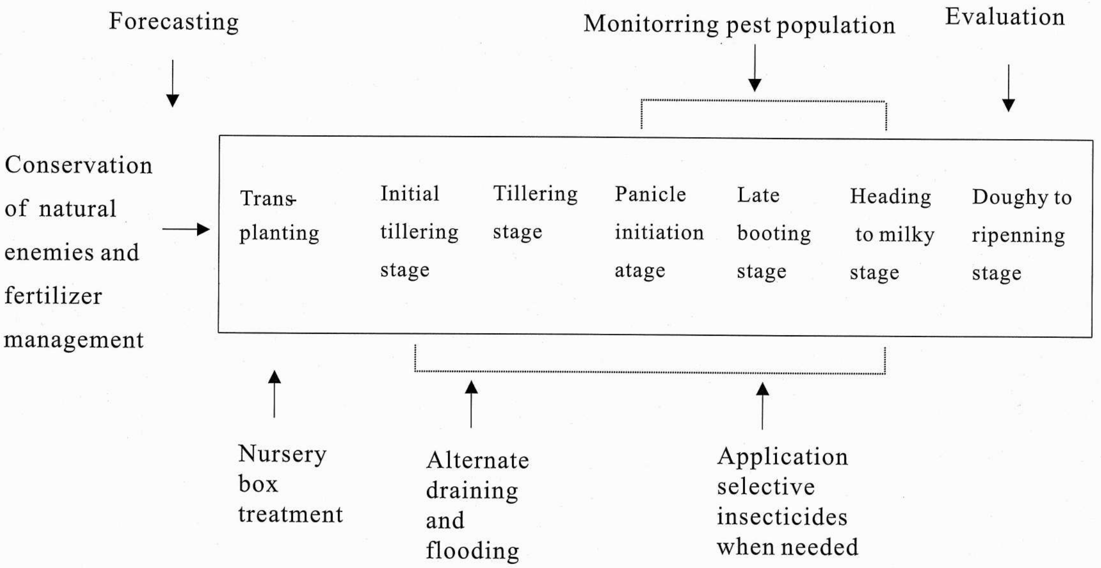
理論上，所謂害蟲綜合管理是使用兩種或兩種以上相互不矛盾的防治技術於一體，將害蟲之族群密度抑制於經濟危害基準以下 (93,105)，其主要目的在於減少過度使用農藥對生態環境的衝擊 (33)。由以往之研究顯示害蟲之成災主要受遷入稻田害蟲之族群豐度及其定棲後之增殖率兩因素所影響。無論是降低遷入之蟲源密度或增加害蟲增殖之生物或物理環境阻力，均可降低其成災的風險。從此可知，害蟲管理的體系之建立及實施並非一成不變，而是一種藝術，可視地區害蟲發生狀況，可利用資源、社會需求以及農民的接受程度等因素加以調整。在屬於小農制的台灣，且稻農以兼業性及老齡者居多，在能達到害蟲綜合管理的目標下，如何建立簡便而易爲農民接受的體系，是爲最高指導原則。在 1960 至 1980 年代褐飛蝨嚴重發生期間，鼓勵栽植抗褐飛蝨稻種，於孕穗末期施用選擇性或短效性葯劑防治於抽穗後爲害之害蟲，非但可使原來農民於二期稻需施葯 3-6 次減爲 1-2 次，增加純收益 3-5 ％ ，且明顯增加天敵的族群密度 (62,77) 。然而在 1990 年代褐飛蝨之發生量已漸趨下降，但白背飛蝨及瘤野螟發生危害卻逐年嚴重，由於此兩種害蟲均屬長距離遷移性害蟲，且其族群高峰可能出現於第二期稻之第一至第三世代，隨遷入期及遷入量而定 (65,70) 。在未能提供抗蟲稻種及準確的中、長期發生預測前，建議使用長效型選擇性葯劑育苗箱處理，以防治遷入蟲及其他水稻生育初期害蟲，如斑飛蝨及黑尾葉蟬等病毒病害之媒介昆蟲，稻心蠅、水稻水象鼻蟲、負泥蟲等，需要時於孕穗中、後期撒佈或噴佈一次殺蟲劑，可有效地抑制水稻抽穗後之害蟲於經濟危害基準之下（圖一），且對天敵族群並無明顯的影響。此種以葯劑爲主體的綜合防治策略，在目前已有選擇性殺蟲劑，如佈芬淨 (buprofezin) 、芬普尼（ fipronil ）及益達胺 (imidacloprid) 的情況下，視各地區害蟲發生狀況可與天敵之保育及耕作防治措施調和於同一體系，以增加害蟲增殖之阻力（圖五）。第二次葯劑處理是否需要，端視育苗箱處理是否能普及，農民對天敵保育與耕作防治之配合程度，以及中、短期預測之準確性等來決定。日後若有抗主要害蟲稻種之提供，則施葯次數即可進一步調降。

未來之展望

水稻是國人主要糧食作物，除維繫社會安定外，亦爲保持人文景觀、地下水涵養的重要作物；而害蟲管理是否得當將續爲影響其生產之穩定性及農民收益的重要

圖五、水稻害蟲綜合管理建議模式圖

Fig. 5. Proposed scheme for integrated management of rice insect pests in Taiwan



因素。然而由過去數十年來水稻害蟲之發生變動，可發現主要害蟲是隨地區生態環境耕作方式改變以及臨近國家，尤其是長距離遷移性害蟲之遷出地，如北越及華南地區之栽植稻種及害蟲管理狀況而變異 (21,109,110)。因此各水稻栽培之害蟲發生種類及其族群之變動，需有專責單位從事長期、全面性之偵察與監控，廣集相關資訊研判，才能掌握先機制定防治策略。目前台灣雖已初見水稻害蟲綜合管理之雛形，但除部分抗蟲稻種為農民所樂於栽培外，由於政府相關機構未積極介入教育、示範及推廣，致使大部農民仍以施用殺蟲藥劑防治為主。

近年來，對於日益沒落的稻米產業，政府強調朝向高米質、低生產費用及生態保育等方向調整。在水稻害蟲管理方面，需朝向簡化管理策略，有益生物之保育及利用，以及降低管理費用方向研究。

在簡化管理策略方面，需以當地第一、二期稻可能影響水稻生產之整體有害生物為對象，從耕作、生態、經濟面，釐定一簡便的操作程序，提供農民應用參考之依據。目前病、蟲、草及有害動物及影響該等有害生物之施肥與灌水管理各自站在各別立場釐定管理策略，常相互抵觸，使農民無所適從，宜從生態、經濟及社會需求面考量，調整釐定一套最有利的管理策略，方便農民接受，落實於田間操作。

在有益生物保育及利用方面，除選擇性農藥之應用，以及積極結合育種人員注重主要害蟲抗蟲稻種之培育與推廣栽植，以降低農藥之使用頻度外，如何改變目前的整地操作方式，並改善天敵之庇護棲地，以豐富天敵蟲源為首要業務。由過去研

究顯示有 90% 以上之捕食性天敵於整田時被打入泥漿，若能降低殘留稻樁的長度在 1-2cm ，於整地時先行灌水約 2-3cm 深，經 2 天後再行整地，讓天敵能逃離稻田而棲於田埂，必能提升其於早期遷入稻田之豐度而降低遷入之害蟲蟲源。在實施此措施，田埂棲地之構築相當重要，在無雜草之土堤田埂上可覆蓋抑草蓆提供庇護所，水泥田埂則可於田埂邊護層土後再覆蓋抑草席亦可發揮同樣效果。

此外，對於病、害蟲之發生預測，尤其是水稻移植前之中、長期發生預測之建立，可提供水稻生育初期及晚期是否需要防治之重要依據。另外各種害蟲之經濟危害基準，因防治成本及稻穀之市場價格變動以及社會對生態保育之重視，有需要隨時給予調整。

總之，建立一個較完善的害蟲管理系牽涉面頗廣，必需按生態區結合育種、栽培及植保人員協調合作才能完成，其後則有賴推廣人員對農民之教育訓練，示範推廣以及督導，才能落實於農民應用。這是一項必需靠團隊有計畫合作才能完成的工程，也是我們最缺失的一環。冀望今後能有效整合，並促其實施。

參考文獻

1. 王雪香。 1979 。稻桿蠅生態調查與藥劑防治試驗。 pp.312-313, 民國六十六年度台灣省政府農林廳所屬各場所農業試驗工作報告。
2. 王朝輝、陳文雄。 1973 。稻桿蠅。 pp.46-58 ，台灣水稻之害蟲（嚴奉琰編）。台灣大學植物病蟲害系昆蟲研究室編印，台北。
3. 方敏男。 1972 。台中區黑尾浮塵子抗藥性之初步試驗觀測。臺灣農業 8(4):105-114 。
4. 平井一男。 1998 。稻害蟲管理の現狀と課題。植物防疫 52:107-110 。
5. 平林秀介。 2002 。イネのウンカ類抵抗性遺傳子とその利用。植物防疫 50:483-487 。
6. 古德業、王順成。 1976 。水稻黑尾葉蟬對常用殺蟲藥劑之抗藥性現狀研究。臺灣農業 12(4):99-109 。
7. 古德業、王順成。 1977 。農藥混合使用對水稻主要害蟲之毒效研究（Ⅰ）殺蟲劑混合使用時對黑尾葉蟬及褐飛蝨之毒效影響。臺灣農業 13(2):84-98 。
8. 古德業、王順成。 1977 。水稻褐飛蝨對常用殺蟲劑抗藥性現狀之研究。臺灣農業 13(4):9-18 。
9. 古德業、王順成。 1978 。水稻黑尾葉蟬對常用藥劑之抗性現狀研究（Ⅱ）。植保會刊 20:21-32 。

10. 古德業、辛竹英、王順成。 1976 。常用殺蟲劑對水稻褐飛蝨和黑尾葉蟬之抗藥性研究。臺灣農業 12(3):148-164 。
11. 朱耀沂、鄭清煥。 1996 。台灣光復前水稻害蟲研究之沿革。植保會刊 38:79-98 。
12. 朱耀沂、何琦琛、陳碧珠。 1975 。數種殺蟲劑對褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* (Stal) 浮塵子 (*Nephotettix cincticeps* Uhler) 及其捕食性天敵六點狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata* Boes. et Str.) 之相對毒性。植保會刊 17:424-430 。
13. 朱耀沂、林鼎翔、穆萃。 1976 。九種防治二化螟殺蟲藥劑對水稻害蟲及其捕食性天敵之相對毒性。植保會刊 18:369-376 。
14. 何火樹、劉達修。 1970 。台中地區水稻二化螟蟲之生態研究。台灣農業 6(1):7-14 。
15. 何火樹、劉達修。 1971 。水稻二化螟蟲發蛾盛期之推定。台灣農業 7(4):77-84 。
16. 那波邦彥。 1991 。近年におけるセジロウンカの多發傾向と增殖パターン。植物防疫 45:41-45 。
17. 林幼華。 1978 。本省褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* Stal) 對 MIPC 及 MTMC 抗藥性之研究。國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 pp.46 。
18. 林再發。 1971 。水稻品種對二化螟蟲抵抗性之研究。台灣農業 7(4):163-170 。
19. 林燦隆、劉達修。 1984 。水稻田四種昆蟲之自我迴歸整數差分移動平均 (ARIMA) 模式。植保會刊 26:121-134 。
20. 林燦隆、劉達修、陳秋蘭。 1986 。水稻田四種昆蟲族群密度預測模式。植保會刊 28:289-312 。
21. 胡國文、唐健、湯金儀。 1992 。中國におけるセジロウンカの發生現狀。植物防疫 46:219-222 。
22. 易希陶。 1963 。稻作害蟲。 pp.2-42 ，經濟昆蟲學。國立編譯館出版。
23. 邱人璋。 1971 。水稻黃葉病。 pp.155-178 ，稻作病害（邱人璋編）。中國農村復興聯合委員會刊印，台北。
24. 邱明德。 1971 。水稻品種對二化螟蟲感受性初步觀察。植保會刊 13:121-126 。
25. 邱瑞珍。 1978 。水稻偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵。 pp.47-82 ，水稻病蟲害：生態與流行學（邱人璋編）。中國農村復興聯合委員會刊印，台北。
26. 邱瑞珍、鄭清煥。 1976 。防治稻蟲藥劑對稻飛蝨葉蟬類捕食性天數之毒性。植保會刊 18:254-260 。
27. 洪汝煌、田春門。 1973 。台灣稻作病蟲害之發生與防治適期研究。台灣農業 9

(1):68-120 。

28. 施錫彬。 1996 。台灣水稻水象鼻蟲防治技術之改進。桃園區農改場研究報告 19:35-43 。

29. 施錫彬。 1996 。桃園地區水稻水象鼻蟲之遷移及危害評估研究。桃園區農改場研究報告 27:31-41 。

30. 陶家驊。 1966 。台灣三化螟及二化螟害蟲問題。科學農業 14(9-10):273-288 。

31. 陶家驊。 1966 。台灣二化螟發生猖獗誘因之研究。植保會刊 8(4):173-202 。

32. 陶家驊。 1966 。水稻害蟲。 pp.285-302 ，臺灣植物保護工作：昆蟲篇 (1940-1965), 335pp 。

33. 深谷昌次、桐谷圭治。 1977 。總合防除。株式會社講談社出版，東京、日本。

34. 張萬來。 1982 。水稻台農 68 號。豐年 32(22):37-38 。

35. 陳啓吉。 1998 。台中地區稻心蠅發生與產量損失調查。民國八十七年度台灣省政府農林廳所屬各場所試驗研究計畫上半年度執行報告。台中區農業改良場應用動物小組 p.6 。

36. 陳慶忠。 1978 。水稻黃萎病之流行學。 pp.139-166 ，水稻病蟲害：生態學與流行學（邱人璋編），中國農村復興聯合委員會出刊印，台北。

37. 陳慶忠、王玉沙。 1978 。臺灣中部稻縱捲葉蟲生活史及水稻品種抵抗性調查。臺中區農業改良場研究彙報 2:59-70 。

38. 陳慶忠、柯文華。 1989 。台灣水稻縞葉枯病流行學研究。植保學會刊 31:290-303 。

39. 黃眞生、卜瑞雄、陳正昌、鄭清渙。 1985 。水稻台農 69 號之育成。中華農業研究 34:125-134 。

40. 寒川一成。 1992 。イネウンカの發生生態にかかわる最近の問題。植物防疫 46:183-186 。

41. 寒川一成。 1993 。トビイロウンカのバイオタイプ變異とモンスーン移動個體群の移出源の推定。植物防疫 47:256-260 。

42. 農林廳。 1985 。台灣省水稻病蟲害發生預測 1966-1984 。台灣省政府農林廳出版。

43. 楊遜謙、張萬來。 1985 。水稻品種台農 70 號之育成。稻新品系登記命名資料（油印本）

44. 劉清和。 1977 。負泥蟲之發生及其防治。 pp.26-29 ，主要稻作與糧食害蟲，台灣植物保護中心，台中。

45. 劉清和。 1981 。水稻負泥蟲防除技術改進試驗。植保會刊 23(3):179-186 。

46. 劉達修。 1977 。二化螟蟲對水稻之為害觀察。科學發展月刊 5(3):185-188 。
47. 鄭清煥。 1966 。水稻品種對三化螟蟲抵抗性之初步觀察（一）。植保會刊 8:54-62 。
48. 鄭清煥。 1970 。水稻品種對三種黑尾葉蟬之交叉抵抗性研究。國科會研究彙刊 1:237-279 。
49. 鄭清煥。 1973 。水稻品種對褐飛蝨之抵抗性研究。中正科學技術研究講座計畫總報告。油印本 91pp 。
50. 鄭清煥。 1975 。褐飛蝨之新生物小種及其與抗蟲品種間之相互作用。台灣省農試所研究彙報 32:29-41 。
51. 鄭清煥。 1976 。新育成抵抗褐飛蝨水稻品種（系）室內抗蟲反應及田間表現。中華農業研究 25(4):259-268 。
52. 鄭清煥。 1978 。水稻褐飛蝨之防治。 pp.95-112 ，昆蟲生態與防治（蘇仲卿等合編），中央研究院五十週年院慶學術研討會專輯，中央研究院動物研究所刊行，專刊第三號。
53. 鄭清煥。 1978 。水稻褐飛蝨的經濟危害水平之研究，Ⅰ在褐飛蝨各棲群密度施藥防治對稻穀收量及收益之影響。中華農業研究 27:229-236 。
54. 鄭清煥。 1978 。台灣一、二期作稻蟲害發生情形及其對產量之影響。 pp.191-205 ，台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專輯（謝順景及劉大江編）、行政院國家科學委員會出版。
55. 鄭清煥。 1979 。水稻褐飛蝨的經濟為害水平之研究，Ⅱ褐飛蝨棲群密度與水稻產量損失之關係。科學發展月刊 7:1103-1114 。
56. 鄭清煥。 1980 。第一期稻作黑尾葉蟬棲群成長型式及其直接為害經濟防治適期之研究。興大昆蟲學報 15:133-144 。
57. 鄭清煥。 1984 。稻心蠅為害取樣調查方法及危害損失評估。 pp.44-55 ，行政院農業委員會重點研究計畫七十三年度試驗研究報告“病蟲害與作物損失及取樣調查”，台灣省農業試驗所嘉義分所編印。
58. 鄭清煥。 1986 。台灣稻作害蟲與防治。 pp.195-218 ，四十年來台灣地區稻作生產改進專輯，黃正華先生農學獎學金基金會出版，台中。
59. 鄭清煥。 1987 。嘉南地區瘤野螟之生態觀察。植保會刊 29:135-146 。
60. 鄭清煥。 1990 。嘉南地區褐飛蝨族群動態及其發生預測之研究。中華昆蟲 10:1-26 。
61. 鄭清煥。 1991 。台灣作物抗蟲育種之研究與發展。 pp.99-126 ，近年來台灣昆蟲學之研究發展研討會專刊，中華昆蟲特刊第七號。

62. 鄭清煥。 1995 。水稻害蟲之綜合防治。 pp.166-178 ，永續農業研究及推廣研討會專輯（林俊義、洪梅珠編），中華永續農業協會編印。

63. 鄭清煥、盧瑞良。 1990 。褐飛蝨及白背蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣象條件。中華昆蟲 10:301-324 。

64. 鄭清煥、朱耀沂。 1999 。台灣光復後水稻害蟲之發生演變及防治研究之回顧。植保會刊 41:9-34 。

65. 鄭清煥、吳昇晉。 1999 。水稻瘤野螟族群動態與預測。植保會刊 45:199-213 。

66. 鄭清煥。 2000 。應用性費洛蒙於水稻二化螟蛾族群之發生偵測與預測。植保會刊 42:201-212 。

67. 鄭清煥。 2000 。一期稻二化螟之危害及其與性費洛蒙誘蛾數之相關研究。植保會刊 43:17-28 。

68. 鄭清煥。 2000 。害蟲管理之經濟學。 pp.105-130 ，應用昆蟲學（王與吳編），國立台灣大學昆蟲系出版。

69. 鄭清煥。 2003a 。水稻斑飛蝨之族群動態及發生預測。植保會刊 45:17-33 。

70. 鄭清煥。 2003b 。水稻白背飛蝨之族群動態及發生預測。植保會刊 46(投稿中)。

71. 顏福成。 1981 。水稻縱捲葉蟲之發生及防治適期研究。臺南區農業改良場研究彙報 15:81-93 。

72. 簡錦忠。 1978 。台灣一、二期作稻病害發生情形及其對產量之影響。 pp. ，台灣第二期稻低產原因及解決方法研討會專輯（謝順景與劉大江編），行政院科學委員會出版。

73. Bautista, R. C., E. A. Heinrichs and R. S. Rejesus. 1984. Economic injury levels for the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera:Pyralidae): insect infestation and artificial removal. Environ. Entomol. 13:439-443.

74. Chang, W. L. and C. H. Cheng. 1974. Sources of resistance and breeding rice for resistance to brown planthopper and bacterial leaf blight. Paper presented at IRRC, April 22-25,1994. 14 pp.(Mimeograph).

75. Chen, C. N. and C. C. Cheng. 1978. The population levels of *Nilaparvata lugens* (Stal) in relation to the yield loss of rice. Plant. Prot. Bull. 20:197-209 。

76. Cheng, C. H. 1981. Chemical control of the brown planthopper with special reference to its population dynamics. Chinese J. Entomol. 1:73-103.

77. Cheng, C. H. 1984. Studies on integrated control of brown planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stal) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 4:149-167.

78. Cheng, C. H. 1985. Interactions between biotypes of brown planthopper and rice varieties. J. Agric. Res. China 34:299-314.

79. Cheng, C. H. and W. L. Chang. 1979. Studies on varietal resistance to brown planthopper in Taiwan. pp. 251-271, Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, IRRI, Los-Banos, Philippines. 369pp.

80. Chiu, R. J., T.C. Lo., C. L. Pi and M.H. Chen. 1964. Transitory yellowing of rice and its transmission by the leafhopper *Nephotettix apicalis* (Motsch.) . Bot. Bull. Acad. Sinica 6:1-8.

81. Chelliah S. and M. Bharathi. 1994. Insecticides management in rice. pp. 657-679, Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.), IRRI, Los-Banos, Philipines.

82. Chiu, M. T., Y. C. Chiu, and Y. L. Wu. 1986. Studies on the epidemiology of and varietal resistance to rice stripe disease. J. Agric. Assoc. China 135: 56-61.

83. Chatterjee, P. B. 1979. Rice leaffolder attacks in India, Intl. Rice Res. Newsl. 4(3):21.

84. Chang, Y. D., Y. H. Song and S. Y. Choi. 1979. Effects of insecticide application on the population of the paddy rice insect pests and their natural enemies (I) Selective toxicity of insecticides for brown planthopper, *Nilaparvata lugens* and predaceous paddy spider *Pirata subpiraticus*. Korean J. Plant Prot. 18(4):149-152.

85. Duan, L. L., X. G. Li, Q. Z. Xue, M. Abo-El-Saad, D. P. Xu and R. Wu. 1996. Transgenic rice plants harboring an introduced potato proteinase inhibitor II gene are insect resistant. N. Biotech. 14:494-498.

86. Fuzimoto, H., K. Itoh, M. Yamamoto, J. Kyozuka and K. Shimamoto. 1993. Insect resistant rice generated by introduction of a modified- δ -endotoxin gene of *Bacillus thunngiensis*. Bio/Technology 11:1151-1155.

87. Goh, H. G. 1997. Migration and population growth of the brown planthopper and its biotype status in Korea. pp.94-112, Proc. China-Japan Join workshop on "Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia". CNRRI, Hangzhou, China.

88. Hirao, J. 1982. Ecology and chemical control of the rice leafroller. Japan Pesticide Inform. 41:14-17.

89. Heinrichs, E. A., W. H. Reissig, S. Valencia and S. Chelliah. 1982. Rates and effect of resurgence-inducing insecticides on population of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and its predators. Environ. Entomol .11: 1269-1273.

90. Heinrichs, E. A. 1994. Host plant resistance. pp.517-547, Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.). IRRI, Los-Banos, Philippines.

91. Heinrichs. E. A., R. P. Basilio and S. L. Velencia. 1984. Buprofezin, a selective insecticide for management of rice planthopper (Homoptera: Delphacidae) and leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). Environ. Entomol. 13:515-521.

92. Heinrichs, E. A., G. B. Aquino, S. Chelliah, S. L. Valencia and W. H. Reissig. 1982. Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stal) population as influenced by method and timing of insecticide application in lowland rice. Environ. Entomol. 11:78-84.

93. Headley, J. C. 1972. Economics of pest control. pp. 180-187, Implementing practical pest management strategies. Proc. of a national extension workshop. Purdue Univ., Indiana, USA.

94. IRRI. 1994. Transgenic indica rice plants containing the soybean kunitz trypsin inhibitor gene. pp.159-160. Program Rep. for 1994. IRRI. Los-Banos Philippines.

95. IRRI. 1974. New variety. p.144, The International Rice Research Institute Annual Report for 1973. IRRI, Los-Banos, Philippines.

96. Kobayashi, T. 1961. The effect of insecticide application to the rice stem borer on the leafhopper population. Special rept. on pest forecasting No.6, 126pp.

97. Kiritani, K. and K. Naba, 1994. Development and implementation of rice IPM in Japan. pp. 713-731, Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.). IRRI. Los-Banos, Philippines.

98. Kobayashi, S. 1992. Assesment of rice yield loss due to the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kushel (Coleoptera: Curculionidae) in Japan. pp.183-190, Intern. Workshop on "Establishment, spread and management of the rice water weevil and migratory rice insect pests in east Asia.

NARC, Tohoku NAES Japan and ASI Korea.

99. Kao, M. L., M. Y. Liu and C. N. Sun. 1981. Green rice leafhopper resistance to malathion, methy1 parathion, carbaryl, permethrin and fenvalerate in Taiwan. Intl. Rice Res. Newsl 6(5): 19.

100. Khush, G. S. and K. K. Jena. 1986. Capabilities and limitation of conventional breeding and the role of distant hybridization. In workshop on biotechnology for crop improvement potentials and limitation. IRRI, Los-Banos, Philippines.

101. Tang, J. and J. Wang. 1997. Forecasting and control of rice insect pests and their population trends in China. pp.1-11, Proc. China-Japan Joint workshop on " Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia". CNRRI, Hangzhou, China.

102. Litsinger, J. A. 1994. Cultural, mechanical and physical control of rice insects. pp.549-584. Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.). IRRI. Los-Banos, Philipines.

103. Liu, G. 1997. Summary and discussion on IPM aspects with special emphasis of practical significance of varietal resistance in rice in China. pp. 210-216, Proc. China-Japan Join workshop on "Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia". CNRRI, Hangzhou, China.

104. Miyashita, K. 1963. Outbreaks and population fluctuations of insects, with special reference to agricultural insect pests in Japan. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Ser. C. 15:99-170.

105. National Academy of Sciences. 1969. Insect pest management and control. Publ. 1695 Washington D. C. 508pp.

106. Ooi P. A. C. and B. M. Shepard. 1994. Predators and parasitoids of rice insect pests. pp. 585-612, Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.). IRRI, Los-Banos, Philippines.

107. Painter, R. H. 1958. Resistance of plant to insect. Ann. Rev. Entomol. 3:267-290.

108. Wada, T. and M. Kobayashi. 1991. Life history of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* in Japan - Invasion, population explosion and dispersal. pp. 61-70, Migration and dispersal of agricultural insects. Nat. Inst. Agroenvironm. Sci. Tsukuba, Japan.

109. Xuyen, T. T. 1997. Ecology and IPM of the brown planthopper on rice crop in the red river delta. pp. 124-149, "Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia". CNRRI. P.R.C.

110. Zhang, X.X. 1991. Migration of rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee in China. P.41-50, Migration and dispersal of agricultural insects. Nat. Inst. Agro-Environ. Sci. Tsukuba, Japan.

ABSTRACT

Cheng, C. H. 2003. Review and Prospects of Integrated Management of Rice Insects in Taiwan. p.11-38. *in*: Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

(Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, R.O.C.)

Insect pest is one of important limitative factor to rice production in Taiwan. This paper reviews the change of rice insect pest status and basing on the ecological characteristics and economic threshold of pests to develop IPM systems in Taiwan during past 30 years. Basically, it was observed that the infestation of rice insect pest could be successfully suppressed either by reducing the initial population with cultural practices and / or enhancing the biological and physical resistance of the pests to reduce their growth rate after they invaded paddy fields. In the years of 1960 to 1980, the brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* was a most destructive insect pest, the BPH resistant varieties combination with judicious application of selective or shorter effective insecticides at the booting stage of rice was suggested for controlling the rice insect pests after heading stage. Lately, the damage caused by BPH reduced greatly due to lower immigration, while the infestation caused by the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* and white backed planthopper, *Sogatella fucifera* increased remarkably. These two species as well as some other species of insect pests, such as whorl maggot, *Hydrellia philippina* and rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* infested severely on rice in early stage of rice sporadically. In this case, the nursery tray treatment was recommended for control of the initial insect pests, and the need of latter application at the booting state of rice was determined by the treated area of the nursery-tray treatment and the supporting levels of water and fertilizer management by farmers. It was obviously that an primary developed IPM system in rice was gradually accepted by farmers and implemented in their paddy fields. Further improvement of IPM system in rice is needed urgently. However, the developed system should be simple, effective and practicable to farmers, and that only

can be achieved through a close cooperation with the rice breeder culturist, pathologist and the technological extension rpecialists in consideration from ecological social economics, and cultural practical aspects. In other words, the developed IPM system should be tailored to fit Taiwanese conditions and it should be easily to be fused into local rice cultivated system.

(Key words : Rice insect pests, integrated management, economic threshold, control strategy)